

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DTIS-2026-19**
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Toulouse

Département/Dir./Serv. : DTIS/RIME & M2CI

Tél. : 05.62.25.27.45

Responsable(s) du stage : Céline Parzani,
Sylvain Dubreuil, Jérôme Morio

Email : Celine.Parzani@onera.fr,
Sylvain.Dubreuil@onera.fr,
Jerome.Morio@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : COS, 3S

Type de stage : ☒ Fin d'études bac+5 ☒ Master 2 ☐ Bac+2 à bac+4 ☐ Autres

Intitulé : Quantification des incertitudes dans les modèles de formation de traînées de condensation

Sujet : L'aviation est reconnue pour sa contribution significative aux émissions mondiales de gaz à effet de serre, environ 2.4% selon Lee et al. (2021), principalement par le biais des émissions de CO₂. Cependant, son impact sur le climat ne se limite pas à ces émissions de dioxyde de carbone. D'autres effets, désignés sous le terme « effets non-CO₂ » et provenant d'interactions complexes entre les émissions des avions et l'atmosphère représenteraient deux tiers du forçage radiatif de l'aviation selon Lee et al. (2021). Principalement associés à la formation de traînées de condensation, ces effets englobent également l'émission d'oxydes d'azote (Nox) ainsi que la modification des nuages par les suies. Les traînées de condensation, souvent visibles derrière les avions, sont des nuages artificiels composés de gouttelettes d'eau et de cristaux de glace qui peuvent persister jusqu'à plusieurs heures dans l'atmosphère. Ils se forment dans des conditions spécifiques, notamment à l'altitude de croisière où l'air est froid et humide. Une bonne connaissance des conditions météorologiques permet ainsi d'identifier les zones les plus susceptibles de générer l'apparition de ces phénomènes. De plus, différents facteurs, parmi lesquels la géographie et l'altitude du vol, l'heure et les variations saisonnières, vont influencer le fait qu'une traînée provoque ou non un réchauffement. Une compréhension approfondie de ces facteurs est cruciale pour évaluer l'impact climatique de l'aviation et pour développer des stratégies visant à réduire ces émissions.

Les méthodes prédisant la formation des traînées de condensation sont basées sur le critère de Schmidt-Appleman (Schumann et al., 2012). Ces modèles permettent notamment de déterminer le caractère persistant d'une traînée, d'évaluer l'épaisseur optique, la durée de vie et l'energy forcing (forçage climatique cumulé des traînées de condensation sur toute leur durée de vie) associés. Ces quantités sont fortement dépendantes de paramètres, notamment les données météorologiques et les performances moteur de l'avion ; l'objectif du stage sera de mettre en œuvre une analyse de sensibilité afin d'identifier les paramètres d'entrée ayant le plus d'impact sur chacune des sorties du modèle. Cette étape est indispensable si on souhaite mettre en place des procédures d'évitement des zones d'apparition de traînées. Les zones de traînées étant localisées et évoluant au cours du temps, il s'agira de pouvoir prendre en compte des données d'entrée et de sortie spatialisées dans l'analyse de sensibilité. Les données météorologiques issues des réanalyses ERA5 (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) seront utilisées pour représenter la variabilité de la température et de l'humidité relative. Plusieurs zones géographiques seront étudiées à différentes saisons. L'outil logiciel OpenTURNS (Baudin et al., 2017) permettant le traitement des incertitudes en simulation numérique pourra être utilisé.

Références

Lee, D. S., Fahey, D. W., Skowron, A., Allen, M. R., Burkhardt, U., Chen, Q., Doherty, S. J., Freeman, S., Forster, P. M., Fuglestad, J., et al., (2021). The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. *Atmospheric environment*, 244 :117834.

Schumann, U., 2012. A contrail cirrus prediction model, Geosci. Model Dev., 5, 543–580, <https://doi.org/10.5194/gmd-5-543-2012>.

Baudin, M., Dutfoy, A., Iooss, B., & Popelin, A. L. (2017). OpenTURNS: An industrial software for uncertainty quantification in simulation. In Handbook of uncertainty quantification (pp. 2001-2038). Springer, Cham. (www.openturns.org).

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? Non

Méthodes à mettre en oeuvre :

- | | |
|---|--|
| ☐ Recherche théorique | ☐ Travail de synthèse |
| ☒ Recherche appliquée | ☐ Travail de documentation |
| ☐ Recherche expérimentale | ☐ Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : Oui

Durée du stage : Minimum : 5 mois Maximum : 5 mois

Période souhaitée : Mars-Septembre 2025

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis : Mathématiques Appliquées, Méthodes numériques. Connaissances en Python	Ecoles ou établissements souhaités : Ecole d'ingénieur, Master 2 Recherche
--	---